Эксплуатация канализационных очистных сооружений: проблемы и их решения

Харькина О. В., к.т.н.,
руководитель секции Отведение и очистка сточных вод ЭТС РАВВ,
член группы оценки проектов соответствия НДТ при Минстрое РФ

SHOUT
SHARE
IT

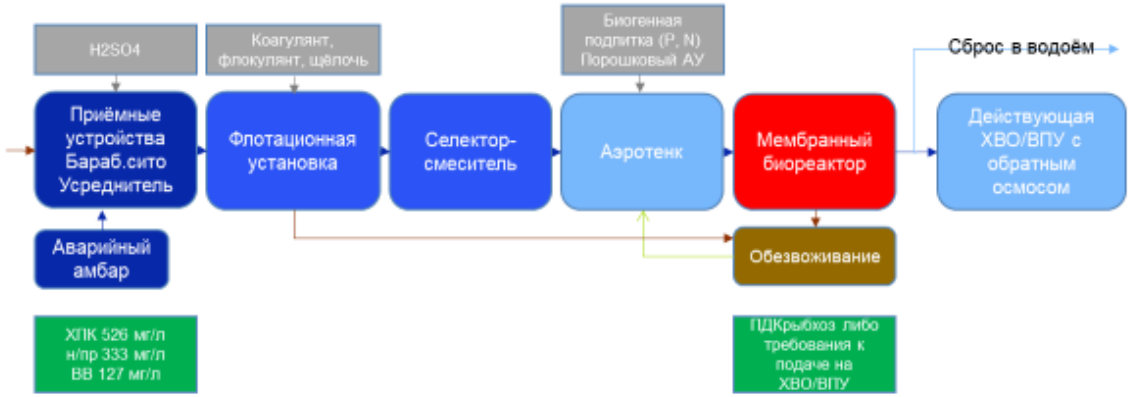
1

Методы очистки сточных вод
Промышленные сточные воды

Мембранные технологии очистки воды:

- ультрафильтрация
- обратный осмос, нанофильтрация
- электродиализ, реверсивный электродиализ
- электродеионизация

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД БЕЗ УЗЛА ДООЧИСТКИ



Взамен строительства узла доочистки предлагается реконструкция действующих очистных сооружений с [illegible] **мембранного биореактора в конструктиве вторичных отстойников.**

Механическая очистка	Биологическая очистка	Биоотходы	Обеззараживание
○ Очистка на решетках ○ Улавливание песка ○ Флотация, осаждение ○ Фильтрация ○ Сепарация вода/нефть ○ Очистка воды нефтяных скважин	○ Биофильтрация ○ Мембранный биореактор (МБР) ○ Мембранно-аэрируемый биопленочный реактор (МАБР) ○ Биоплёночный реактор с подвижной загрузкой	○ Сбраживание ○ Обезвоживание ○ Тепловая сушка ○ Термоокисление ○ Производство биогаза	○ Окисление озоном ○ Обеззараживание ультрафиолетом ○ Ремедиация ○ Усовершенствованные процессы окисления

Деионизация	Мембраны	Тепловые технологии	Обработка нефти и газа
○ Умягчение ○ Ионный обмен (СлКК / СиКК - СлОА / СиОА) ○ Фильтры смешанного действия ○ Намывная фильтрация ○ Электродеионизация	○ Микро-, ультра- и нанофильтрация ○ Обратный осмос (солоноватая и морская вода) ○ Специальные мембраны (половолоконные, спиральные и др.) ○ Электродиализ, реверсивный электродиализ	○ Выпарные аппараты с принудительной циркуляцией ○ Механическая рекомпрессия пара ○ Вертикально-трубчатые испарители с падающей плёнкой ○ Кристаллизация, чешуирование	○ Электрообессоливатели / пескоотделители /дегидраторы ○ Гидроциклонные нефтеотделители ○ Десульфуризация газа / осушка ○ Предочистка СПГ ○ Регенерация гликоля ○ Контроль точки росы

очистка сточных вод по технологии ZLD

1

Методы очистки сточных вод
Городские сточные воды

Общесплавная система канализации
Дождевые сточные воды
Главная насосная станция
Канализационные очистные сооружения
Хозяйственно-бытовые сточные воды
Коллектор общесплавной сети
Сточные воды промышленных
В общесплавной системе канализации хозяйственно-бытовые, промышленные (после локальной очистки) и дождевые сточные воды

Городскими сточными водами принято называть сточные воды, поступающие на очистные сооружения населенных пунктов. При общесплавной системе водоотведения под этим термином понимают смесь бытовых, производственных и ливневых (дождевых) сточных вод. При раздельной системе водоотведения - городские сточные воды представляют собой смесь бытовых и производственных стоков. Обычно применение термина «городские сточные воды» ограничивают случаем, когда количество производственных сточных вод не превышает 40 - 50%. Необходимо, чтобы городские сточные воды удовлетворяли требованиям, предъявляемым к водам, поступающим на биологическую очистку. Бытовая составляющая городских сточных вод не вызывает каких-либо затруднений при биологической очистке, так как загрязнения бытовых стоков – вещества преимущественно природного происхождения, способные к биохимической деградации. Сложнее с производственными сточными водами, загрязнения которых могут быть не только природного, но и искусственного происхождения. Некоторые виды производственных сточных вод с трудом поддаются биологической очистке, но в смеси с бытовыми сточными водами процесс их очистки существенно облегчается. На промышленном предприятии обязательна предварительная обработка для сточных вод, степень загрязнения и характеристики которых существенно отличаются от степени загрязнения и характеристик бытовых сточных вод. Для предотвращения нарушения работы водоотводящей сети и городских очистных сооружений, сброс производственных сточных вод в городскую сеть регламентируется «Правилами приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов».

Классификация сточных вод по типу загрязнений

Минеральные загрязнения	Песок, глинистые частицы, частицы руды, шлака, растворимые неорганические соли, кислоты и щёлочи
Органические загрязнения	Загрязнения растительного происхождения: растительные остатки, бумага, растительные жиры
	Загрязнения животного происхождения: продукты жизнедеятельности человека и животных, животная биомасса
	Бактериальное и биологическое загрязнение: простейшие, грибы, водоросли, бактерии (в т.ч. патогенные)
Биологические загрязнения	Бактерии, грибы, яйца гельминтов, вирусы

Классификация сточных вод по фазово-дисперсному состоянию

Растворённые вещества	Молекулярно-дисперсные частицы. Размер частиц не более 0,01 мкм
Коллоидные вещества	Размер частиц от 0,01 до 0,1 мкм
Нерастворённые примеси	Всплывающие, оседающие и взвешенные вещества. Размер частиц более 0,1 мкм

АВТ профессиональные решения
Архитектура Водных Технологий

1

Методы очистки сточных вод
Механическая очистка

К механической очистке относят следующие процессы (в зависимости от мощности очистных сооружений и качества поступающей исходной воды мехочистка может состоять из одной или нескольких операций):

- грубое фильтрование на решетках;
- процеживание;
- размельчение задержанных грубых загрязнений;
- удаление песка;
- извлечение жиров, масел и нефтепродуктов;
- обработка побочных продуктов: песка и жиров;
- совместная обработка отходов от чистки канализационных сетей и песка очистных сооружений.

Как должны выглядеть отбросы?

➲ Без обработки ?

➲ Только с обезвоживанием?

➲ Промытые и обезвоженные?

Турбулентная промывка в моечном бункере

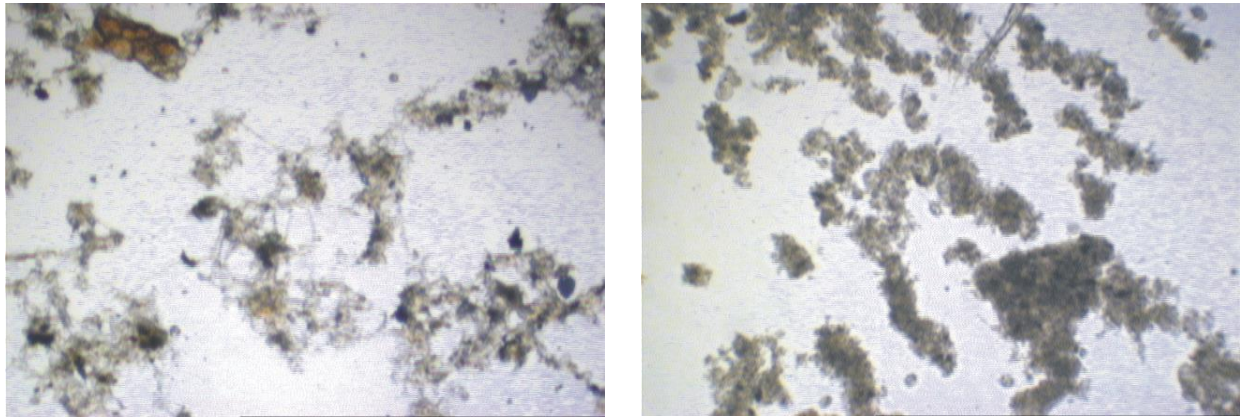
Приёмная воронка с мешалкой

Архитектура Водных Технологий

1

Методы очистки сточных вод
Биологическая очистка сточных вод

Биологическая очистка сточных вод представляет собой технологические процессы очистки сточных вод, основанные на способности биологических организмов разлагать загрязняющие вещества. При реализации биологических процессов очистки сточных вод в аэротенках, биологические организмы, участвующие в разложении загрязнений, которые поступают со сточными водами, пребывают во взвешенном состоянии и представляют собой флоки (хлопки) - зооглейные скопления микроорганизмов, простейших, коловраток, червей, водных грибов и дрожжей. Хлопки активного ила имеют размеры от 10 мкм до 1 мм (1000 мкм) и достаточно легко отделяются от очищенной воды отстаиванием, флотацией и фильтрацией.



Флоки (хлопки) активного ила.

1

Методы очистки сточных вод
Биологическая очистка сточных вод [1]

Схема Modified Bardenpho.

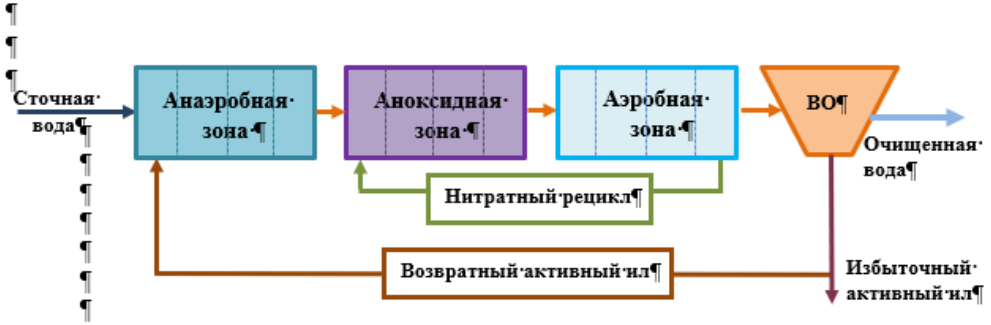


Схема AAO (A^2/O).

Схема MUCT.

Схема биолого-химического удаления фосфора – 3-х стадийный процесс с третичным отстойником

ВО – вторичный отстойник, ТО – третичный отстойник.

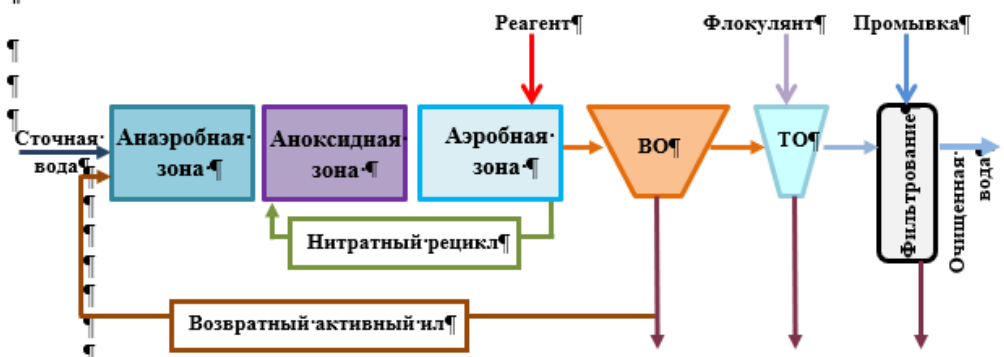


Схема биолого-химического удаления фосфора – 3-х стадийный процесс с третичным отстойником и последующим фильтрованием

ВО – вторичный отстойник, ТО – третичный отстойник.

Архитектура Водных Технологий

Эффективная эксплуатация канализационных очистных сооружений. Основные факторы влияющие на качество очищенной воды

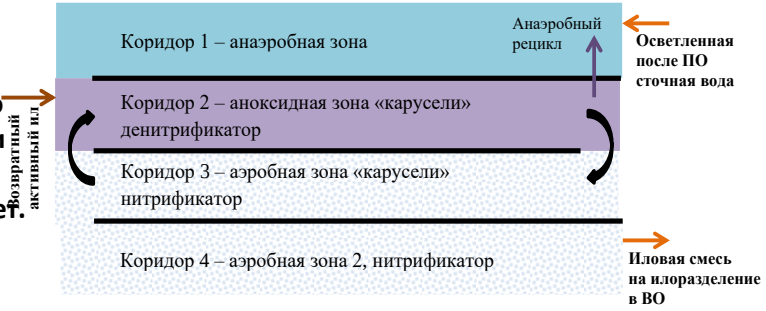
1 Корректность/некорректность схемы очистных сооружений, принятой в Проекте Примеры.

!!!! Схема процесса биологического удаления азота и фосфора из сточных вод UCT [1] - рекомендуется

!!! В анаэробную зону поступает иловая смесь, прошедшая денитрификацию, т.е. не содержащая нитраты;
Наиболее эффективная схема реализации процессов биологического удаления N и P
Рекомендуется для городских сточных вод РФ и промышленных сточных вод с низким, средним и высоким отношением БПК5 к N и P.

!!!! Схема процесса биологического удаления азота и фосфора из сточных вод в «карусели» [1] – не рекомендуется

!!! Аноксидно-аэробная карусель - крайне низкая эффективность денитрификации, в результате, в анаэробную зону поступают нитраты и процесс биологического удаления фосфора не идет.
Не рекомендуется


Возвратный активный ил
Коридор 1 – анаэробная зона
Анаэробный рецикл
Осветленная после ПО сточная вода
Коридор 2 – аноксидная зона «карусели» денитрификатор
Коридор 3 – аэробная зона «карусели» нитрификатор
Коридор 4 – аэробная зона 2, нитрификатор
Иловая смесь на илоразделение в ВО

!!!! Схема процесса биологического удаления азота и фосфора из сточных вод

A2/O ® Process (без анаэробного селектора) [1] – не рекомендуется

!!! В анаэробную зону поступает иловая смесь, не прошедшая денитрификацию, т.е. содержащая нитраты;
Эффективность процесса денитрификации лимитирована значением нитратного рецикла
Не рекомендуется для городских сточных вод РФ и промышленных сточных вод с низким отношением БПК5 к N и P.
Может быть реализована для СВ пищевых производств с высоким отношением БПК5 к N и P

Архитектура Водных Технологий

Причины реконструкции/нового строительства канализационных очистных сооружений:

1. Отсутствие канализационных очистных сооружений
2. Физическое и функциональное устаревание существующих сооружений
3. Изменение расходов и качественных показателей поступающих сточных вод
4. Изменение требований к качеству очищенных вод
5. Изменение точки сброса очищенных вод

Требуемый результат при любой из причин реконструкции/нового строительства:

Стабильное обеспечение заданного качества очищенной воды

Основные технологические ошибки Проектов реконструкции очистных сооружений

1. Некорректные схемы очистных сооружений, принятые в Проекте

2. Неверные значения расходных и качественных параметров сточных вод, принятые в расчет:

3. Некорректные методики расчета или не правильно выполнен расчет по корректным методикам. выполненный расчет сооружений, в первую очередь сооружений биологической очистки. Аэротенки должны быть рассчитаны по формулам ферментативной кинетики, применение эмпирических моделей несет риски получений неверных результатов:
   - Применение эмпирических моделей, которые несут риски получения неверных результатов для сооружений, принимающих сточные воды, которые не входили в перечень принимающих их объектов, на которых эти модели были построены;
   - Программные Продукты требуют высокой квалификации технолога, нельзя решать обратную задачу: купить Программный продукт для проектирования в обмен на отказ от технолога;
   - Нельзя доверять расчет канализационных очистных сооружений специалистам без профильного образования и достаточного опыта расчета и эксплуатации канализационных очистных сооружений. Технолог должен рассчитывать сооружения осознанно и отвечать за полученный результат

Пути достижения требуемого качества очищенной воды

1. Разработка корректных технологических решений
2. Правильно рассчитанные и принятые в Проекте расходные характеристики и диапазон качественных параметров сточных вод
3. Правильно выполненный расчет сооружений, в первую очередь сооружений биологической очистки. Аэротенки должны быть рассчитаны по формулам ферментативной кинетики, применение эмпирических моделей несет риски получений неверных результатов
4. Корректно выполненный Проект и качественно выполненные строительные работы
5. Технологические пуско-наладочные работы с выведением сооружений на проектное качество очищенной воды с проведением Эксплуатационного Теста
6. Разработка корректного Технологического Регламента Эксплуатации и обучение эксплуатационного персонала, в том числе реализованным технологиям
7. **Эффективная эксплуатация канализационных очистных сооружений**

АВТ
профессиональные решения
Архитектура Водных Технологий

Профессионализм технолога – залог обеспечения эффективной эксплуатации очистных сооружений

Рекомендуемые квалификационные требования к технологу, эксплуатирующему канализационные очистные сооружения (не ниже):

1. **Профильное инженерное образование (высшее);**
2. **Опыт работы технологом канализационных очистных сооружений не менее 3-6-х лет (если рассматривается позиция, как единственный технолог на сооружениях (в организации);**
3. **Знание процессов биологической очистки сточных вод, в первую очередь, процессов нитрификации, денитрификации и удаления фосфора и умение пользоваться данными знаниями в реальной ситуации;**
4. **Умение проводить эксплуатационные расчеты сооружений;**
5. **Знание и умение пользоваться профессиональной литературой и нормативными документами.**

Примеры ошибочных требований к технологу службы эксплуатации:

1. **«Опыт проведения лабораторных анализов, опыт самостоятельного ремонта и обслуживания насосного оборудования, клапанов, редукторов, электродвигателей» - *других требований нет***
2. **«Высшее образование, пунктуальность, мобильность, стрессоустойчивость, умение работать в режиме многозадачности, уверенный пользователь ПК, грамотная устная и письменная речь». *других требований нет***

3. «Высшее образование/среднее-профессиональное профильное образование, Знание правил технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации, самостоятельность, умение работать с большим объемом информации, умение принимать решения, системное мышление, умение аргументированно отстаивать свою позицию, нацеленность на достижение результата, обучаемость и открытость новым технологиям, умение работать в команде, стрессоустойчивость, знание программ MS Office (Word, Excel, Outlook, Project), AutoCAD, Adobe Acrobat Pro,- Знание Федерального закона "О водоснабжении и водоотведении" от 07.12.2011 N 416-ФЗ(последняя редакция) Статья 33. Порядок государственного регулирования тарифов в сфере водоснабжения и водоотведения№»
других требований нет

Корректное техническое задание на проектирование – возможность обезопасить заказчика от ошибок проектных решений

Прописанные в ТЗ требования к технологическим и техническим решениям (на основании ОТР) - перекладывают ответственность с Проектировщика/Реализатора проекта на ЗАКАЗЧИКА

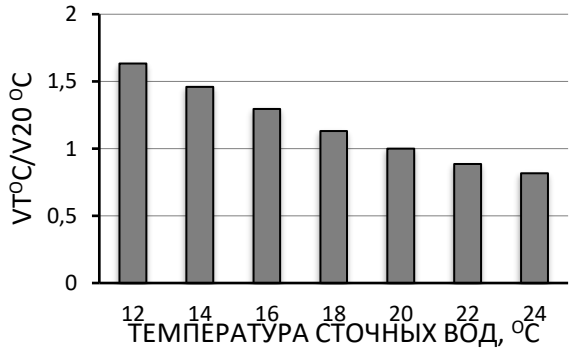
!!! Нельзя в ТЗ давать как обязательные требования к применению тех или иных технических и технологических решений, которые Заказчик получил от некой компании в виде ОТР.
Если Заказчик указал в ТЗ требования об обязательном применении решений, заложенных в ОТР, то Проектировщик, выполнив Проект по решениям ОТР, не может отвечать за результат работы сооружений и претензий, в этом случае, Заказчик ему предъявить не может.

!!! Разработка технологических и технических решений – ответственность Проектировщика.
Заказчик может в ТЗ написать «оценить возможность принять во внимание решения ОТР», но окончательное решение должно быть за проектировщиком, для того, чтобы Заказчик мог предъявить претензии Проектировщику/Реализатору проекта в случае недостижения заданного качества очищенной воды

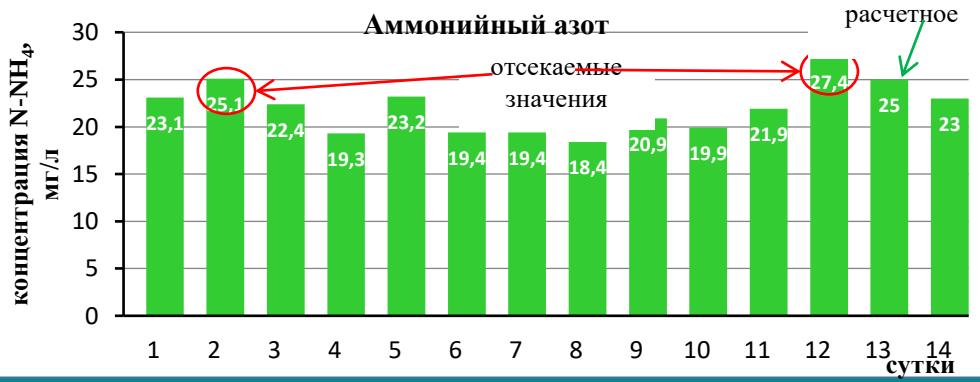
3 Правильно рассчитанные и принятые в Проекте расходные характеристики и диапазон качественных параметров сточных вод

Качественные параметры сточных вод:-значения БПК и ХПК

- концентрации взвешенных веществ
- Концентрации соединений азота и фосфора
- значения pH, щелочности, температура



Выбор корректных значений при обосновании схемы и расчете сооружений биологической очистки – является одной из ключевых задач, определяющих в конечном итоге возможность или невозможность достижения требуемого качества очистки.



!!! Проведение статистической математической обработки входных данных, в том числе, определение диапазона расчетных качественных параметров поступающих сточных вод как 15го - 85го процентилей (значения процентилей могут быть изменены технологом при соответствующем обосновании)

Расчетные расходы сточных вод:

- среднесуточный–используется только для расчета годовых эксплуатационных затрат;
- максимальный месячный расход;
- максимальный суточный расход;
- максимальный часовой расход сточных вод ($м^3$/час).

АВТ профессиональные решения

Архитектура Водных Технологий

3 Правильно/неправильно выполненный расчет сооружений, в первую очередь сооружений биологической очистки.

!!! Аэротенки должны быть рассчитаны по формулам ферментативной кинетики, которые описывают теоретические, а не эмпирические модели.

!!! Применение эмпирических моделей несет риск получения неверных результатов

Математические модели (ММ) делят на ***теоретические*** и ***эмпирические***.
Теоретические модели получают на основе изученных свойств технического объекта и процессов, протекающих в нем.
В теоретических ММ используют известные фундаментальные законы процессов (например, уравнение Клайперона-Менделеева (уравнение состояния идеального газа), закон Ома о связи силы тока в проводнике и падения электрического напряжения, уравнение Михаэлиса-Ментен и т. п..

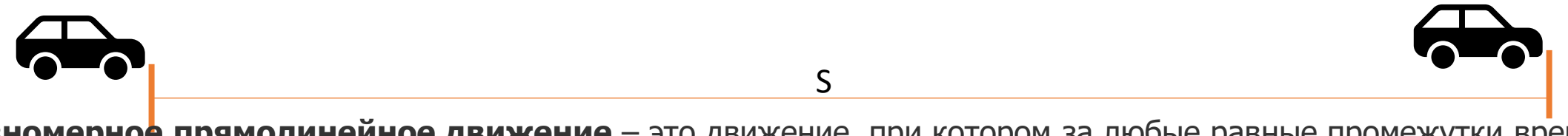
Эмпирические ММ являются результатом обработки данных наблюдения внешних проявлений процессов конкретного технического объекта, и их строят, опираясь на экспериментальные результаты исследования связанные с измерением неких переменных технического объекта.

3

!!!Аэротенки должны быть рассчитаны по формулам ферментативной кинетики, которые описывают теоретические, а не эмпирические модели.

!!! Применение каких-либо эмпирических моделей несет риски получений неверных результатов

Равномерное прямолинейное движение



Равномерное прямолинейное движение – это движение, при котором за любые равные промежутки времени тело совершает равные перемещения. Скорость равномерного прямолинейного движения точки – величина, равная отношению перемещения к промежутку времени, в течение которого это перемещение произошло.

Математическая модель $S=v*t$, *где S – путь; v – скорость; t - время*

Эмпирическая модель $S=97,5*t$, *где S – путь; 97,5 – эмпирический коэффициент, который связывает затраченное на путь S время t в ходе конкретного эксперимента*

3 Правильно выполненный расчет сооружений, в первую очередь сооружений биологической очистки.

Аэробный возраст ила

☺ **Методика на основе ASM**

Уравнение аэробного роста нитрифицирующих автотрофных микроорганизмов 1-й стадии процесса нитрификации μ_{A1} имеет вид:

$$\mu_{A_1} = \left[\mu_{\max A_1(20\,^\circ\mathrm{C})} \frac{S_{NH_4}}{S_{NH_4} + K_{S,NH_4,A}} \cdot \frac{S_{O_2}}{S_{O_2} + K_{S,O_2,A_1}} - b_{A_1(20\,^\circ\mathrm{C})} \right] e^{\chi_1 (T-20)}, \quad (5)$$

где μ_{A1} – текущая скорость роста нитрифицирующих микроорганизмов, участвующих в первой стадии процесса нитрификации, 1/сут; $\mu_{maxA1(20\,^\circ C)}$ – максимальная скорость роста нитрифицирующих микроорганизмов 1-й стадии процесса нитрификации при температуре 20 °С, 1/сут; χ_1 – температурная константа для нитрифицирующих микроорганизмов 1-й стадии процесса нитрификации, 1/град; $K_{S,NH_4,A}$ – константа полунасыщения по аммонийному азоту, мг $N–NH_4$/л; S_{NH_4} – концентрация $N–NH_4$, которую необходимо обеспечить в очищенной воде, мг/л; $K_{S,O_2,A1}$ – константа полунасыщения по кислороду для нитрифицирующих микроорганизмов 1-й стадии процесса нитрификации, мг/л; S_{O_2} – концентрация растворенного кислорода иловой смеси в аэробной зоне, мг/л; $b_{A1(20\,^\circ C)}$ – константа распада нитрифицирующих микроорганизмов 1-й стадии процесса нитрификации при температуре 20 °С, 1/сут.

Константа	M. Henze etc.,	Marais GVR and Ekama	Gujer W	Сточные воды г. Москвы [1]
$\mu_{max,A}$, 1/сут	0,34-0,65	0,33-0,65	0,8-1,0	0,45-0,52
$K_{S,NH_4,A}$,мг/л	0,6-3,6	1.0	0,6	1,1
K_{S,O_2}, мг/л	0,5-2,0			1,1-1,9
b_A, 1/сут	0,05-0,15	0,04	0,0	0,11

Аэробный возраст активного ила $\theta_{a,A}$, сут, определяется как величина, обратная расчетному значению скорости роста нитрифицирующих микроорганизмов:

$$\theta_{a,A_1} = \frac{1}{\mu A_1}; \quad (7)$$

Минимальный аэробный возраст активного ила для реализации 1-й ст[illegible] и достижения требуемого качества очищенной воды по азоту аммонийному $\theta_{a,design,A1}$ определяется из уравнения (7):

$$\theta_{a,design,A_1} = \frac{1}{\mu_{A_1}} = \frac{1}{\left(\mu_{\max,A_1(20\,^\circ C)} \frac{S_{NH_4,exit} \cdot S_{O_2}}{(S_{NH_4} + K_{S_{NH_4},A_1}) \cdot (S_{O_2} + K_{S_{O_2},A_1})} - b_{A_1(20\,^\circ C)} \right) e^{\chi_1 (T-20)}}, \quad (9)$$

где $S_{NH_4,exit}$ – требуемое качество очищенной воды по $N–NH_4$, мг/л.

Архитектура Водных Технологий

3 Правильно выполненный расчет сооружений, в первую очередь сооружений биологической очистки.

Аэротенки должны быть рассчитаны по формулам ферментативной кинетики, которые представляют собой теоретические модели.

!!! Применение эмпирических моделей несет риски получений неверных результатов

Расчет по ASM 2d

(Магистерская работа Преподаватель Харькина О.В.)

Входные данные

Максимальный суточный расход Qмакс.сут	Среднесуточный расход Qср.сут	Максимальный часовой расход Qмакс.час	Среднечасовой расход Qср.час
м³/сут	м3/сут	м3/час	м3/час
3873	3509	316	146

Температура сточных вод T
°C
13

Требования

БПК полн	N-NH4+	N-NO2-	N-NO3-	P-PO4
мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л
3	0,4	0,02	9	0,2

Качественные характеристики поступающих сточных вод

показатель/день	БПК5	БПК полн	ВВ	$N\text{-}NH_4$	NH_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NO_2$	NO_2	$P\text{-}PO_4$	PO_4	Нефтепродукты	Железо
	$мгO_2/л$	$мгO_2/л$	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л
28.02.2018	48,4	82,28	43	31,2	40,1	0,27	1,2	0,06	0,2	2,8	8,5	1,6	0,1
23.08.2018	43	73,1	50	48,4	62,2	4,5	19,8	0,06	0,2	2,8	8,7	0,3	0,54
12.11.2018	180	306	52	67,8	87,2	0,95	4,2	0,15	0,5	3,2	9,7	0,64	0,14
85%	140,52	238,884	51,4	61,98	79,7	3,435	15,12	0,123	0,41	3,08	9,4	1,312	0,42
15%	44,62	75,854	45,1	36,36	46,73	0,474	2,1	0,06	0,2	2,8	8,56	0,402	0,112

Расчет нагрузки по загрязняющему веществу

показатель/дата	M(S БПК5)	БПК полн	M (S BB)	M (S $N\text{-}NH_4$)	M (S $N\text{-}NO_3$)	M (S $N\text{-}NO_2$)	M (S $P\text{-}PO_4$)
	$кгO_2/сут$	$кгO_2/сут$	кг/сут	кг/сут	кг/сут	кг/сут	кг/сут

Проверка соотношения

	БПК 5	N (TKN)	P
	мг/л	мг/л	мг/л

Расчет аноксического роста гетеротрофных организмов

$$\frac{\Delta S_{NO_3}}{\Delta t}(20℃) = -\frac{(1-Y_{макс,H})}{2{,}86\times Y_{маск,H}}((\mu_{макс,H}\times\frac{S_S}{S_S+K_{S,S}}\times\frac{S_{NO_3}}{S_{NO_3}+K_{NO_3}}\times\frac{K_{O,H(NO_3)}}{S_{O_2}+K_{O,H(NO_3)}}\eta_H - b_H)X_{H,B}$$

μ макс, Н	5,00	1/сут
S БПК5 вх	140,52	мг/л
Ks,s	15,00	мг/л
S N-NO3 вх	52,96	мг/л
K NO3	0,40	мг/л
K OH NO3	0,30	мг/л
Y H	0,60	БПК5ила/гБПК5 СВ
S O2	0,10	мг/л
bH	0,70	1/сут

	S БПК5	S N-NO3
	мг/л	мг/л
S вх	178,43	52,96
Si/2	89,21	30,65
Si /3	59,48	23,22
Si/5	35,69	17,27
Si/10	17,84	12,81
S вых	1,50	9,10
ср знач	63,94	24,34

Расчет аэробного роста нитрифицирующих автотрофных микроорганизмов

$\mu_{max,A1}$	0,8	1/сут
K s, NH4, A1	0,5	мг/л
K s, O2, A1	0,8	мг/л
b A1	0,05	1/сут
$\mu_{max,A2}$	1,72	1/сут
K s, NO2, A2	0,38	мг/л
K s, O2, A2	0,3	мг/л
b A2	0,02	1/сут
χ1	0,1	1/град
χ2	0,04	1/град
T	13	°C
S02	2	мг/л

$$\mu_{A1} = \mu_{max\,A1,20\,℃} * \frac{S_{NH_4}}{S_{NH_4}+K_{S,NH_4,A_1}} * \frac{S_{O_2}}{S_{O_2}+K_{S,O_2,A_1}} - b_{A_1}$$

$$\mu_{A2} = \mu_{max\,A2,20\,℃} * \frac{S_{NO_2}}{S_{NO_2}+K_{S,NO_2,A_2}} * \frac{S_{O_2}}{S_{O_2}+K_{S,O_2,A_2}} - b_{A_2}$$

$$\mu_{A1} = \mu_{A1,max\,A1,20\,℃} * e^{\chi 1(T_1-20)}$$

$$\mu_{A2} = \mu_{A2,max\,A2,20\,℃} * e^{\chi 2(T_1-20)}$$

ОВ (концентр гетерот не приросш, 0,7 это зольность)

удаление фосфора

при 20 °C	Si	μ_{A1}	μ_{A2}
	мг/л	1/сут	1/сут
S N-NH4 вых	0,40	0,2040	
S N-NO2 вых	0,020		0,0548

при нашей температуре	Si	μ_{A1}	μ_{A2}	Фактор на,
	мг/л	1/сут	1/сут	
S NH4 вых	0,40	0,1013		1,15
S NO2 вых	0,020		0,0414	1,15

Расчет аэробного возраста ила

$$\theta_{a,A1} = \frac{1}{\mu_{A1}}$$

$$\theta_{a,A2} = \frac{1}{\mu_{A2}}$$

θ a, A1	θ a, A2	θ a
сут	сут	сут
11,4	27,8	27,8

Состав существующего биологического блока КОС

Аэротенки				
Количество	L	B	Нраб	V общ, 4 аэротен
шт	м	м	м	м3
4	29,8	5,3	4,3	2716,568

Аноксидная зона				
Количество	L	B	Нраб	V общ, 4 anox
шт	м	м	м	м3
4	9,5	5,3	4,3	866,02

Аэробная зона				
Количество	L	B	Нраб	V общ, 4 aer
шт	м	м	м	м3
4	20,3	5,3	4,3	1850,548

Архитектура Водных Технологий

3 Правильно выполненный расчет сооружений, в первую очередь сооружений биологической очистки.

Аэробный возраст ила

☹

Эмпирическая модель

Расчет объема аэробной зоны аэротенков в модели ATV-DVWK-A131 E основан на значении аэробного возраста активного ила:

$$\theta_{a,design(ATV)} = SF \cdot 3{,}4 \cdot 1{,}103^{15-T},$$

3,4 - произведение величины, обратной значению максимальной скорости роста аммоний окисляющих бактерий Nitrosomonas при 15 °C (0,47 1/сут), и коэффициента запаса, равного 1,6 сут; T – температура сточных вод, °C;
SF – фактор надежности, значение которого зависит от состава сточных вод, кратковременных изменений температуры сточных вод (и/или pH среды), которые влекут за собой изменения максимальной скорости роста аммоний окисляющих бактерий Nitrosomonas, и требований к качеству очищенной воды по аммонию. Разработчики ATV дают значение данного фактора 1,45.

Н-р для 17 °C, согласно ATV, расчетное значение аэробного возраста активного ила $\vartheta a,_{design}$ составляет:
$\vartheta a,_{design}(ATV) = 1{,}45 \cdot 3{,}4 \cdot 1{,}103(15–17) =$ 4,052 сут.

Константа	M. Henze etc.,	Marais GVR and Ekama	Gujer W	Сточные воды г. Москвы [1]
$\mu_{max,A}$, 1/сут	0,34-0,65	0,33-0,65	0,8-1,0	0,45-0,52
$K_{S,NH_4,A}$,мг/л	0,6-3,6	1.0	0,6	1,1
K_{S,O_2}, мг/л	0,5-2,0			1,1-1,9
b_A, 1/сут	0,05-0,15	0,04	0,0	0,11

Архитектура Водных Технологий

Проведение корректных расчетов очистных сооружений

Сравнение результатов расчетов по различным моделям [2]

Теоретическая модель ☺
Теоретическая модель ☺
Эмпирическая модель ☹

Эмпирическая модель ☹

Сравнение результатов расчетов по различным моделям

Модель/ метод	Значение аэробных возрастов активного ила при концентрациях на выходе, мг/л					
	$N\text{-}NH_4$			$N\text{-}NO_2$		
	0,4	1,0	2,0	0,02	0,125	0,2
ВОДГЕО/ СамГТУ	*	*	*	19,8*	10,7*	10,6*
ASM2d	15,2	8,4	5,9	20,12	10,2	6,3
ATV	Не рассчитывает	4,05	Не рассчитывает	Не рассчитывает	Не рассчитывает	Не рассчитывает
Даниловича - Эпова	6,9**	4,6**	4,4**	Не рассчитывает	6,0**	4,4**

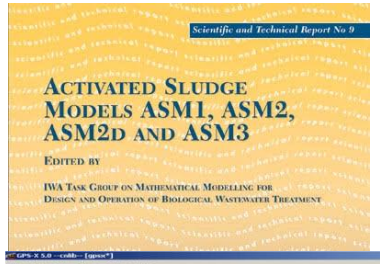
!!! **Модели ASM и ВОДГЕО/СамГТУ - теоретические модели, которые описывают реальные процессы биологической очистки сточных вод с помощью формул ферментативной кинетики и позволяют рассчитывать сооружений на любое требуемое качество очищенной воды с учетом скоростных характеристик процессов рассматриваемых сточных вод.**
Модели ATV и Даниловича-Эпова (в основе которой также лежит ATV) являются эмпирическими моделями, что влечет за собой риски неполучения расчетного качества очищенной воды на сооружениях, которые находятся вне области сооружений, на которых авторами были проведены исследования при получении этих эмпирических моделей. Следует отметить, что расчеты по указанным теоретическим моделям можно осуществлять или вручную, или в excel.

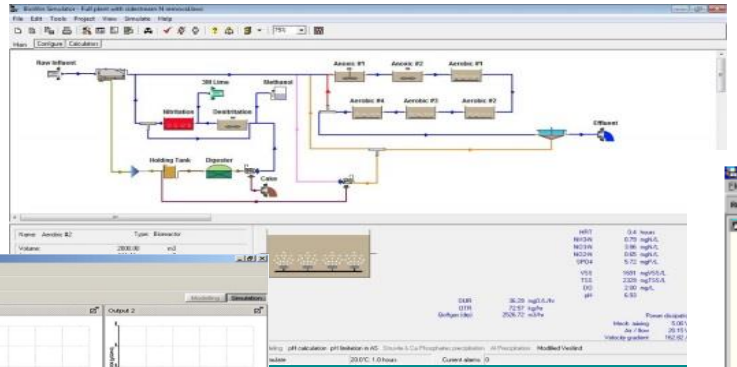
3 Правильно выполненный расчет сооружений, в первую очередь сооружений биологической очистки.

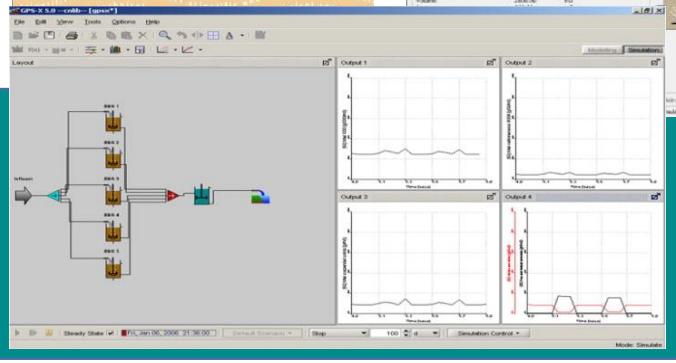
Аэротенки должны быть рассчитаны по формулам ферментативной кинетики

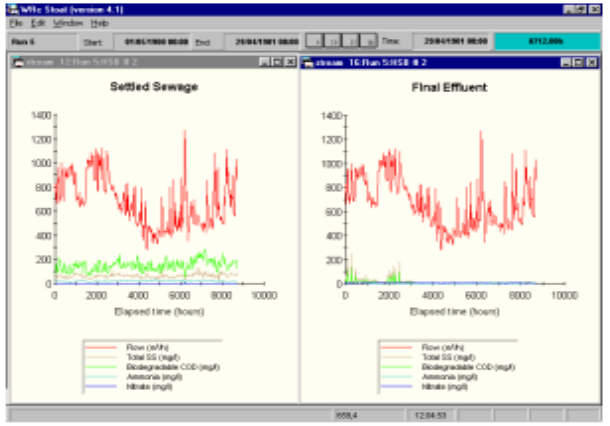
!!!! Программные продукты

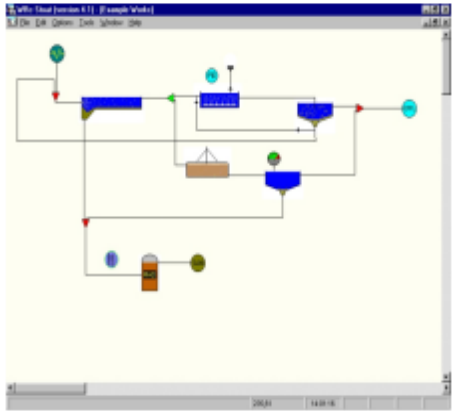
Существует несколько импортных пакетов программ, реализующих расчеты по моделям ASM: Bio Win, GPS-X, STOAT и др., но это – «тяжелые» импортные англоязычные программные продукты, на которых могут работать только технологи экспертного уровня, так как данные программы требуют большого количества входных данных по фракционному составу сточных вод и активного ила, определение которых требует большого количества лабораторных и модельных тестов, которые могут проводить люди, имеющие соответствующих опыт конкретных исследований. Более того, технолог, который работает на данных Программных продуктах, должен иметь квалификацию, позволяющую понять, что Программы, в какой-то момент, выдают некорректный результат











Архитектура Водных Технологий

7

Нештатные и аварийные ситуации. Примеры возможных проблем и пути их решения

Главная задача технологического управления в нештатных и аварийных ситуациях заключается в поддержании стабильности технологического процесса и выполнении заданных технических, экологических и экономических норм процесса. **Нештатная ситуация** - ситуация, при которой технологический процесс или состояние оборудования выходит за рамки нормального функционирования и может привести к аварии. **Аварийная ситуация** - ситуация, когда произошла авария и возможен дальнейший ход ее развития. Авария - опасное событие, состоящее во внезапном разрушении каких-либо элементов технических устройств и/или строительных сооружений, или в опасном нарушении нормального режима работы или течения каких-либо процессов

Как нештатные, так и аварийные ситуации на канализационных очистных сооружениях можно разделить на 2 уровня: локальный и глобальный. Локальный уровень затрагивает нарушение работы одного сооружения, глобальный – блока сооружений или канализационных очистных сооружений в целом. Причиной аварийных ситуаций локального уровня являются, как правило, нарушения внутри системы, глобального – внешние воздействия.

Нештатные и аварийные ситуации. Примеры возможных проблем и пути их решения

-1 приведены примеры глобальных и локальных нештатных ситуаций.

Нештатные ситуации

Глобальные нештатные ситуации

- Сбросы высококонцентрированных и токсичных сточных вод промышленных предприятий в городскую канализационную сеть;
- Залповая гидравлическая перегрузка очистных сооружений

Локальные нештатные ситуации

- Изменение качественного и количественного состава сточных вод в пределах, указанных в табл. 2.17, 2.18 гл.2 и 3.20, 3.21 гл.3;
- Нарушение технологических параметров работы сооружений;
- Нарушение работы оборудования;
- Нарушение работы контрольно-измерительных приборов;
- Сбой в системе АСУ ТП

Нештатные и аварийные ситуации. Примеры возможных проблем и пути их решения

приведены примеры глобальных и локальных аварийных ситуаций.

Аварийные ситуации

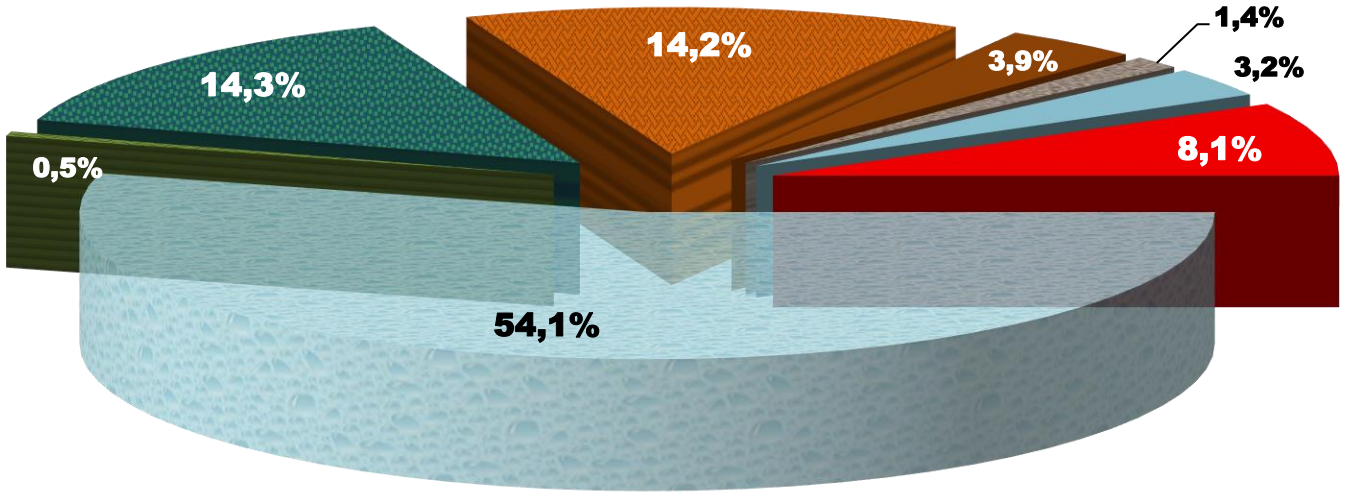
Глобальные аварийные ситуации

- Сбросы высококонцентрированных и токсичных сточных вод промышленных предприятий в городскую канализационную сеть;
- Отключение электроэнергии, поступающей на очистные сооружения;
- Залповая гидравлическая перегрузка очистных сооружений

Локальные аварийные ситуации

- Нарушение технологических параметров работы сооружений;
- Нарушение работы оборудования;
- Нарушение работы контрольно-измерительных приборов
- Сбой в системе АСУ ТП

Мероприятия по повышению энергетической эффективности канализационных очистных сооружений



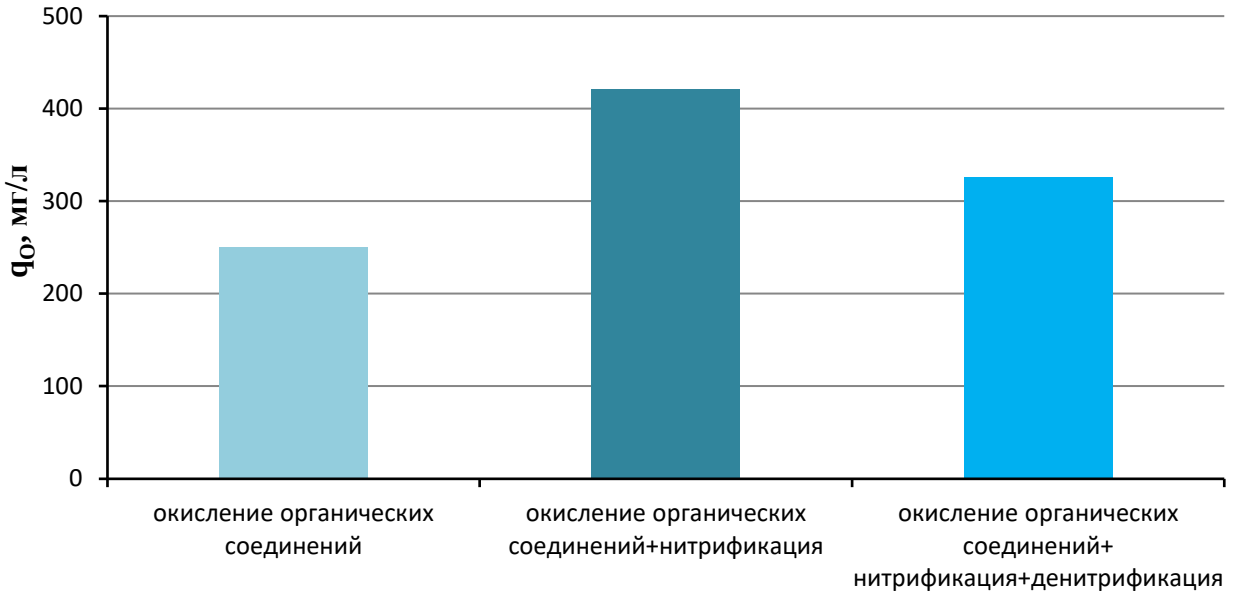
- Аэрация 54,1%
- Перекачивание возвратного активного ила 0,5%
- Перекачивание и перемешивание иловой смеси 14,3%
- Анаэробное сбраживание 14,2%
- Ленточный пресс 3,9%
- Мехочистка 1,4%
- Осветление 3,2%
- Другое 8,1%

7

Мероприятия по повышению энергетической эффективности канализационных очистных сооружений

Технология, стратегия повышения энергоэффективности	Описание	Срок окупаемости, год
Электродвигатели с высоким КПД	электродвигатели насосов, воздуходувных машин, мешалок с низкими внутренними потерями	зависит от оборудования
Электропривод с частотным регулированием (частотно-регулируемый привод – ЧРП, Variable Frequency Drive, VFD)	электронный регулятор частоты вращения ротора электродвигателя в зависимости от требуемой нагрузки позволяет избежать постоянной работы двигателя на полной мощности.	от 0,5 до 5
Насосы с высоким КПД	насосы с низким коэффициентом внутреннего трения и низкими потерями напора	зависит от оборудования
Воздуходувные машины с регулированием расхода подаваемого воздуха	регулирование подачи воздуха позволяет обеспечивать требуемый в текущий момент расход воздуха и избегать его перерасход и, как следствие, перерасход электроэнергии	менее 3
Высокоэффективные воздуходувные машины	воздуходувные машины с низкими внутренними потерями	зависит от оборудования
Контроль концентрации растворенного кислорода	поддержание заданной концентрации растворенного кислорода в значимой точке регулированием расхода подаваемого воздуха	2-3
Система контроля и обработки информации (SCADA)	система сбора данных, диспетчерского контроля и обработки информации позволяет осуществлять операторский контроль за технологическими процессами в реальном времени, обеспечивая выполнение требований ко всем потокам.	1-7
Мелкопузырчатые высокоэффективные аэраторы	мелкопузырчатые высокоэффективные аэраторы производят мелкие воздушные пузырьки, что повышает эффективность процесса переноса кислорода в аэрируемых зонах	1-7
Использование энергетического потенциала сточных вод – рекуперация тепла сточных вод	избыточное тепло сточных вод передается нагреваемому объекту	менее 2
Механическое перемешивание в аэротенках	использование механического перемешивания там, где это возможно – на механическое перемешивание потребляется меньше энергии, чем на перемешивание с помощью воздуха	1-3

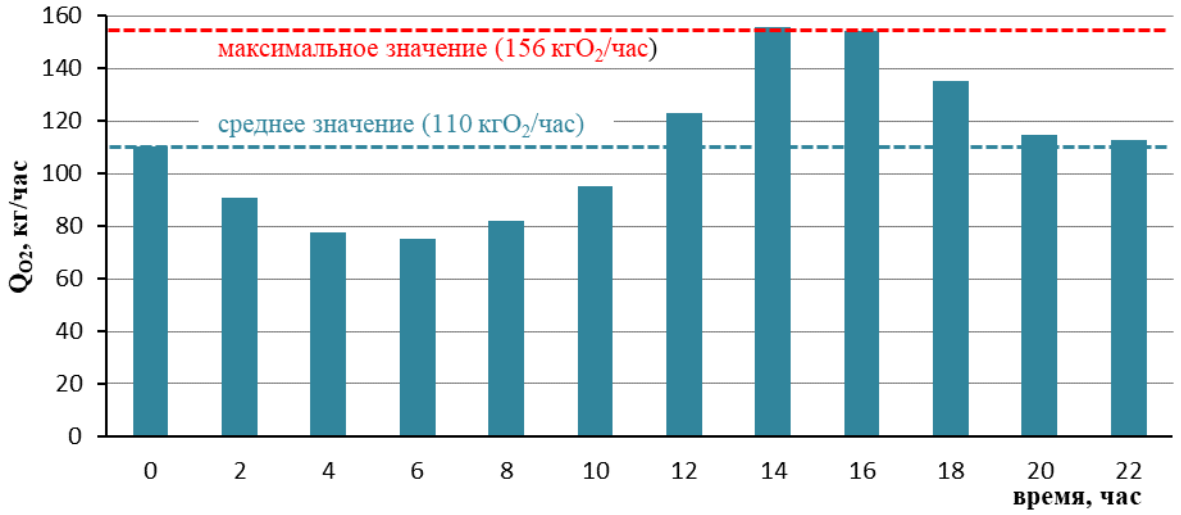
Требуемое количество кислорода (в мг/л) на реализацию биохимических процессов в аэротенках



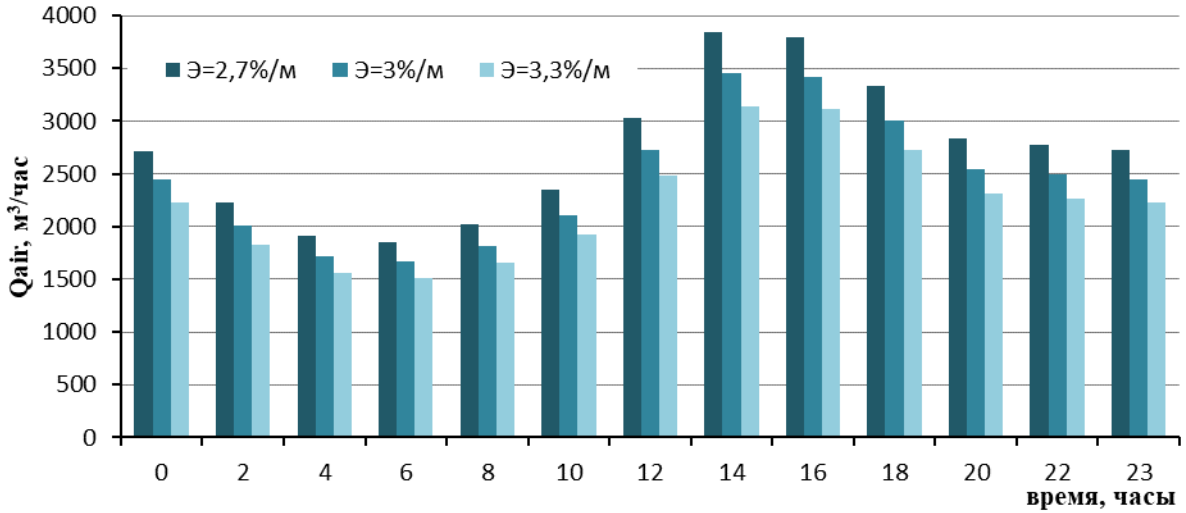
Архитектура Водных Технологий

7 Мероприятия по повышению энергетической эффективности канализационных очистных сооружений

Часовая динамика требуемого расхода кислорода на реализацию процессов аэробного окисления органических соединений и нитрификацию в аэротенках.



Зависимость требуемого расхода воздуха для обеспечения необходимого количества кислорода на биохимические процессы в зависимости от АОТЕ.

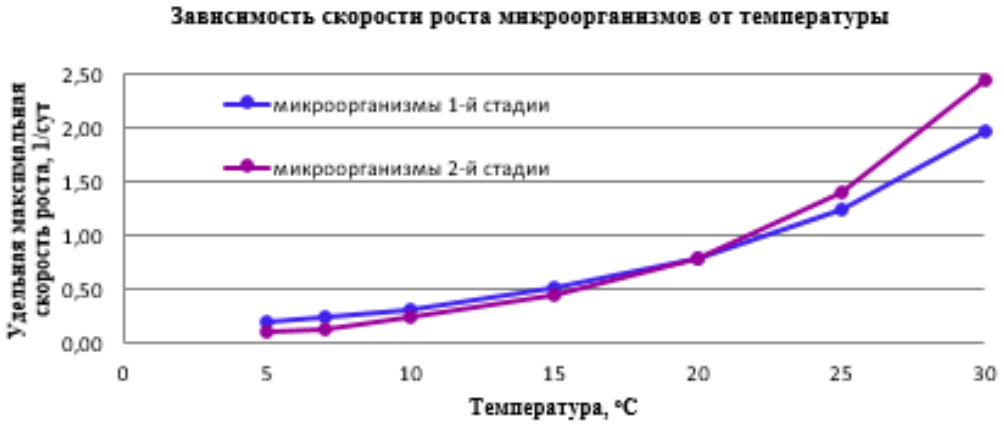


Архитектура Водных Технологий

7

Корректный технологический режим эксплуатации

Нитрификация



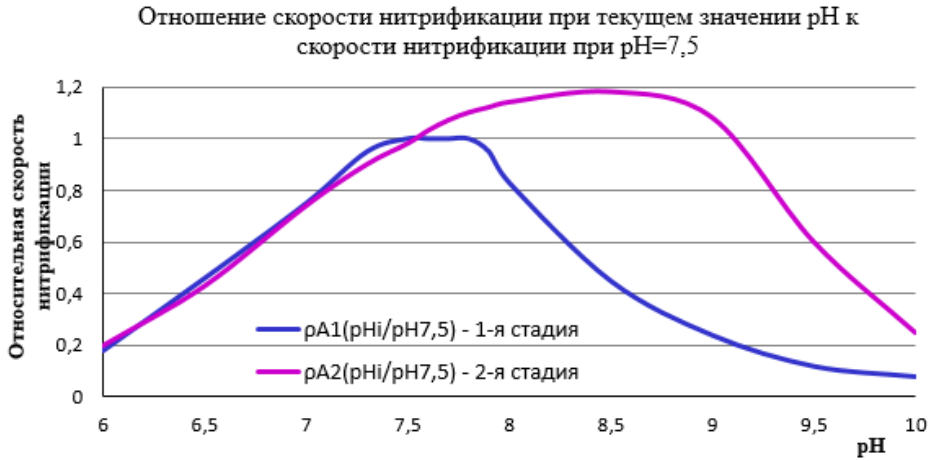
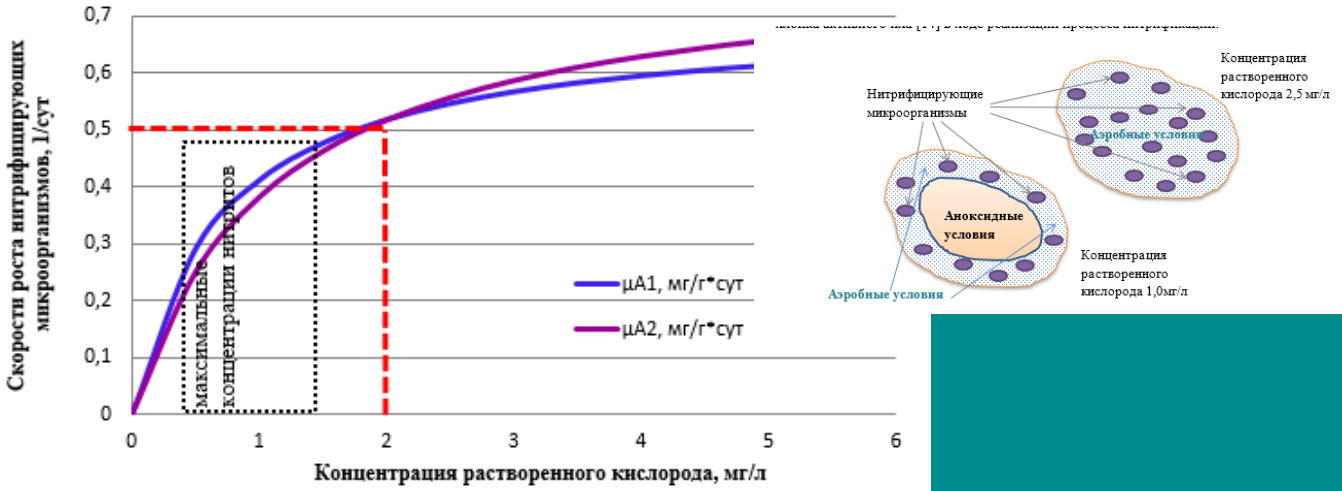


Рис.2.8. Зависимость скоростей 1-й и 2-й стадий процесса нитрификации от текущего значения pH.

При низких концентрациях растворенного кислорода в аэробных зонах аэротенков, скорости образования нитритов превышают скорости окисления нитритов до нитратов и, как следствие, к увеличению концентрации нитритов в очищенной воде до 1-5 мг/л. При эксплуатации аэротенков, работающих по технологии глубокой нитрификации, концентрация растворенного кислорода должна быть не менее 2,0 мг/л.



Ингибирующее воздействие некоторых металлов на процессы нитрификации

Таблица 2.5

Металл	Концентрация, мг/л	Оказываемое воздействие
Cu	4	Заметного ингибирующего влияния на активный ил не наблюдается
Cu	150	75% ингибирование активности ила
Ni	более 0,25	Ингибирование роста *Nitrosomonas*(для чистой культуры)
Cr 3+	более 0,25	Ингибирование роста *Nitrosomonas* (для чистой культуры)
Cr 3+	118	75% ингибирование активности ила
Zn	0,08-0,5	Ингибирование роста *Nitrosomonas* (для чистой культуры)
Co	0,08-0,5	Ингибирование роста *Nitrosomonas* (для чистой культуры)

Архитектура Водных Технологий

7

Корректный технологический режим эксплуатации

Нитрификация

Таблица 2.7

Вещество	Концентрация*, мг/л
Ацетон	2000
Аллиловый спирт	19,5
Аллилхлорид	180
Аллиловый изотиоцианат	1,9
Дисульфид бензотиазола	38
Дисульфид углерода	35
Хлороформ	18
о-Крезол	12,8
Диаллиловый эфир	100
Дициандиамид	250
Дигуанид	50
2,4 -Динитрофенол	460
Дитиооксамид	1,1
Этанол	2400
Карбонат гуанидина	16,5
Гидразин	58
8-гидроксихинолин	72,5
Меркаптобензотиазол	3
Гидрохлорид метиламина	1550
Метилизоцианат	0,8
Фенол	5,6
Тиоцианат калия	300
Скатол	7
Тиоацетамид	0,53
Тиосемикарбазид	0,18
Тиомочевина	0,076
Триметиламин	118

* - концентрация, при которой происходит 75% ингибирование процесса нитрификации

Степень ингибирующего воздействия органических соединений на процесс нитрификации

Таблица 2.6

Вещество	Степень ингибирования в % при концентрациях:			Концентрация (мг/л), при которой наблюдается 50% ингибирование
	100 мг/л	50 мг/л	10 мг/л	
Додециламин	96	95	-	<1
Анилин	86	-	-	<1
п-Метиланилин	90	83	71	<1
1-нафтиламином	81	81	45	15
Этилендиамин	73	-	42	17
2,2-Бипиридин	91	81	23	23
р-Нитроанилин	64	52	46	31
р-Аминопропиофенон	80	56	22	43
Бензидин	84	56	12	54
р-Фенилазоанилин	54	47	0	72
р-Нитробензалдехид	76	32	29	87
Триметиламин	35	-	-	127
Нингидрин	30	26	21	≥100
Бензокаин	30	27	0	≥100
Диметилглоксим	30	9	-	≥100
Бензиламин	26	10	0	≥100
Дубильная кислота	20	7	-	≥150
Моноэтаноламин	16	-	-	≥200

Архитектура Водных Технологий

7

Корректный технологический режим эксплуатации

Денитрификация

Основная проблема идеальной реализации процесса денитрификации в реальных сооружениях состоит в обеспечении строго аноксидных условий (то есть полного отсутствия растворенного кислорода) в зоне денитрификации.

Растворенный кислород поступает в аноксидную зону как с рециклом возвратного активного ила, так и с «нитратным» рециклом. В этом случае, часть органических соединений, поступающих в аноксидную зону со сточными водами, будет окисляться растворенным кислородом, поступавшим с рециклами. В первую очередь, при этом будет окисляться легко окисляемые органические вещества.

Данный нюанс необходимо учитывать при проектировании аэротенков с реализацией процессов нитри-денитрификации.

При определении достаточности количества субстрата для реализации процесса денитрификаци, следует закладывать не расчетное количество органического субстрата, полученного по рассмотренным выше формулам, а принимать коэффициент запаса.

7

Корректный технологический режим эксплуатации

Денитрификация

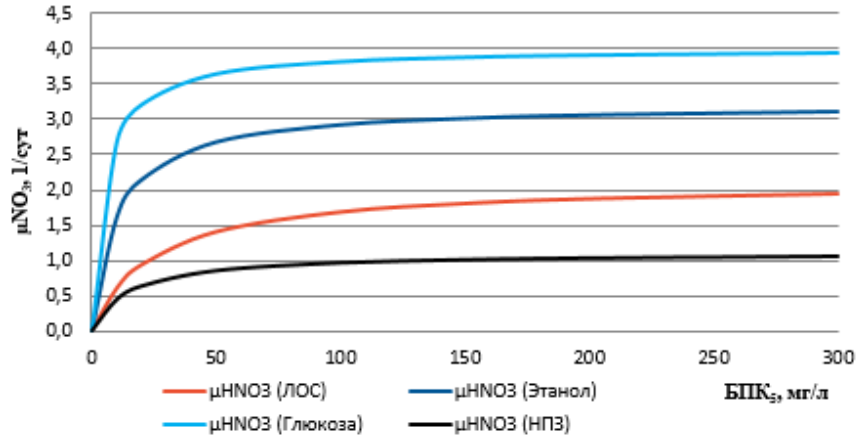


Рис.2.14. Зависимости скоростей роста гетеротрофных бактерий в аноксидных условиях от значения БПК5 для различных типов субстратов.

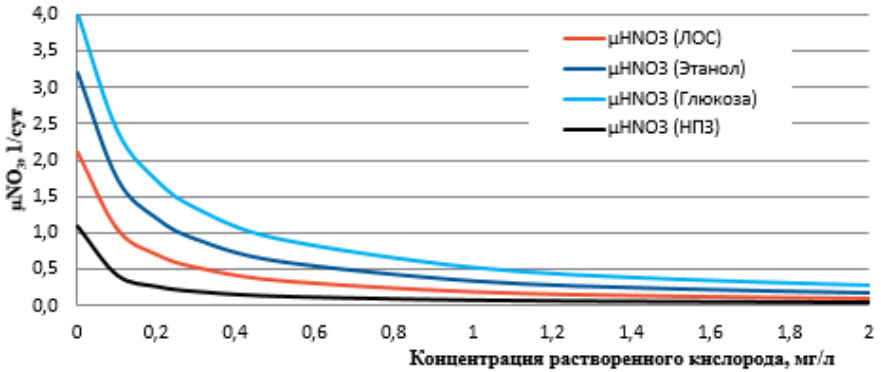
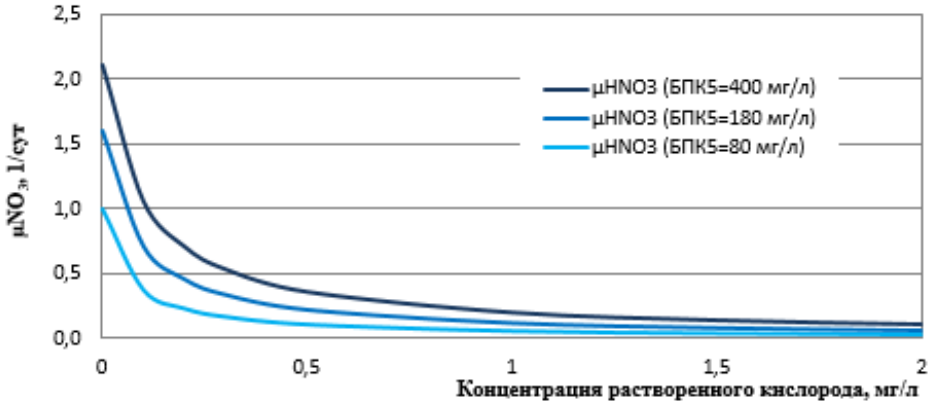


Рис.2.15. Зависимости скоростей роста гетеротрофных бактерий в аноксидных условиях от концентрации растворенного кислорода для различных типов субстратов (при БПК5 в начальный момент времени 400 мг/л).

Величина pH не только влияет на скорость процесса денитрификации, но и определяет состав конечных продуктов восстановления нитратов. Рабочее значение pH для реализации процесса денитрификации находится в пределах 7,0-9,0. При pH ниже 6,5 и выше 9,5, происходит ингибирование процесса денитрификации, при pH=6 и ниже, а также при pH выше 10, происходит полная остановка процесса.



ис.2.16. Зависимости скоростей роста гетеротрофных бактерий в аноксидных условиях от концентрации растворенного кислорода для сточных вод, поступающих на Люберецкие очистные сооружения при различных значения БПК5.

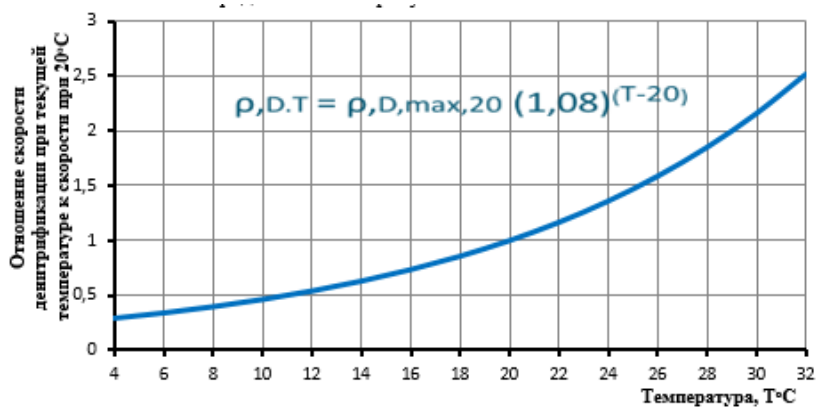


Рис.2.17. Зависимость отношения скорости денитрификации при текущей температуре к скорости денитрификации при температуре 20°C.

Архитектура Водных Технологий

Корректный технологический режим эксплуатации

Денитрификация

Токсичные вещества угнетают процессы денитрификации.

Вещество	Концентрация, мг/л		
	Толерантная	Ингибирование	Токсичность
DDDM	<0,1	0,1-0,4	≥8
DCDMH	<25	25-100	≥200
BCDMH	<40	40-200	≥250
TCICA	<2	2-8	≥8
NaDCIC	<2	2-8	≥8
Хлорамин Т	<15	15-60	≥60
MMPP	<1000	1000-3000	≥3000
Глутаровый альдегид	<2	2-20	≥20
Формальдегид	<2	2-50	≥50
Mn^{2+}	<6	6-1150	≥1150
Ni^{2+}	<5	5-40	≥40
Zn^{2+}	<0,65	0,65-1,5	≥1,5
Cd^{2+}	<0,5	0,5-2,5	≥2,5
Hg^{2+}	<0,45	0,45	0,8
Pb^{2+}	<8	8-40	170

DDDM - дидецилодиметил хлорид аммония;
DCDMH - дихлорометилгидантоин;
BCDMH - бромохлородиметил гидантоин;
TCICA - трихлоризоциануровая кислота;
NaDCIC - натриевая соль дихлорциануровой кислоты;
MMPP - магний моноперокситфталат.

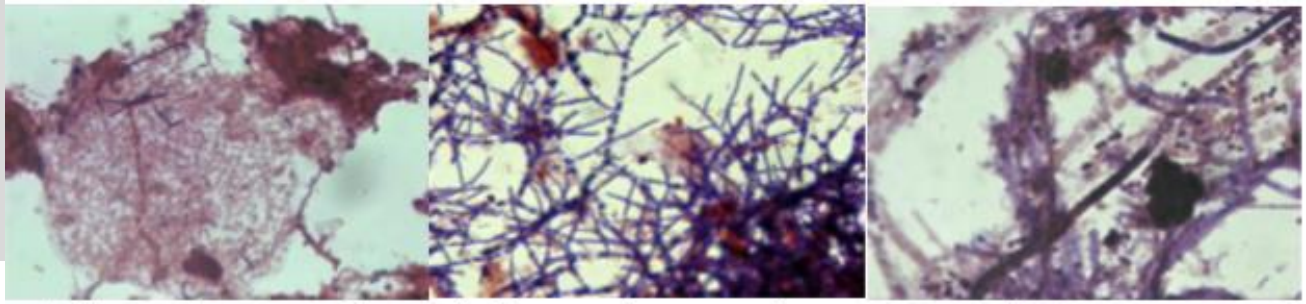
7

Проблемы эксплуатации сооружений биологической очистки и их решения

Пенообразование и вспухание

Основные причины развития процесса вспухания активного ила:

- *низкая концентрация растворенного кислорода в аэротенках;*
- *низкая нагрузка на активный ил по органическим соединениям;*
- *pH среды менее 6,5;*
- *наличие токсичных веществ в поступающих сточных водах;*
- *повышенные концентрации нефтепродуктов в сточных водах.*



а) «Здоровый» активный ил *б) «Вспухший активный ил»* *в) Пена*

Вспенивание ила чаще всего возникает вследствие массового разрастания бактерий рода *Nocardia* и *Microthrix*, которые представляют собой нитчатые формы микроорганизмов. В благоприятных для этих микроорганизмов условиях они растут в виде длинных тонких нитей, а при неблагоприятных для развития этих микроорганизмов условий эти нити распадаются на отдельные клетки. Благоприятными условиями для развития бактерий рода *Nocardia* и *Microthrix* являются низкая нагрузка по органическим соединениям, появление в сточной воде трудно разлагаемых соединений и низкая концентрация растворенного кислорода. Образующиеся нити бактерий имеют гидрофобную поверхность, что и приводит к их всплытию вместе с частицами активного ила. Кроме того, эти микроорганизмы могут выделять ПАВ, также способствующие процессу пенообразованию.

7

Проблемы эксплуатации сооружений биологической очистки и их решения

Пенообразование и вспухание

Мероприятия, позволяющие остановить развитие процесса вспухания, зависят от причин его развития. В любом случае, следует обеспечить концентрацию растворенного кислорода в аэротенках не ниже 1,5-2 мг/л, что обеспечивается включением в работу соответствующего количества воздуходувных машин, а также увеличить на 50-100% расход избыточного активного ила.

В случае периодического снижения значения pH ниже 6,5, необходимо решать вопрос о подключении системы регулирования pH.

При низких нагрузках на активный ил органических соединений, необходимо снизить дозу активного ила в аэротенках на 30-50% в зависимости от текущей и проектной дозы активного ила и текущей нагрузки на ил по органическим соединениям.

При поступлении на очистные сооружения токсичных веществ и нефтепродуктов со сточными водами, необходимо обеспечить максимальный технически возможный расход избыточного активного ила в течении периода, равному текущему возрасту активного ила. (При эксплуатации сооружений по технологии нитри-денитрификации, расход избыточного активного ила в рассматриваемой ситуации устанавливается таким образом, чтобы аэробный возраст активного ила не был ниже необходимого для реализации процесса нитрификации для текущей температуры сточных вод).

Проблемы эксплуатации сооружений биологической очистки и их решения

Недостаток биогенных элементов $БПК_{полн}$: N: P

Для эффективного ведения процессов окисления органических соединений в аэротенках необходимо обеспечить количество азота и фосфора в поступающих на биологическую очистку сточных водах, исходя из следующего соотношения - $ХПК_{б/р}$: N: P как 100:5:1, где $ХПК_{б/р}$ - биоразлагаемая часть органических соединений, выраженная через ХПК. В Российской Федерации более привычным является соотношение, где биоразлагаемая часть органических соединений, содержащихся в сточных водах, определяется через $БПК_{полн.}$:

$$БПК_{полн.}: N: P = 100:5:1.$$

При недостатке биогенных элементов наблюдается ухудшение качества очистки по органическим соединениям, вплоть до полного срыва процесса. На городских очистных сооружения такая проблема, как правило, не возникает. Однако технологи очистных сооружений промышленных предприятий достаточно часто сталкиваются с обозначенной проблемой. Если при проектировании очистных сооружений промышленных предприятий данный факт не был учтен, то для повышения эффективности очистки при несоблюдении указанного выше соотношения органических соединений и биогенных элементов, необходимо установить систему дозирования азота и/или фосфора.

Проблемы эксплуатации сооружений биологической очистки и их решения

Недостаток биогенных элементов $БПК_{полн}$: N: P

Пример 12 - Оценить необходимость в дополнительном дозировании источников азота и фосфора и, в случае необходимости, рассчитать суточное количество готовых продуктов – источников азота и фосфора (в качестве коммерческих продуктов – источников азота и фосфора - рассмотреть безводный аммиак и фосфорную кислоту).

Исходные данные:

Суточный расход сточных вод =30 000 $м^3$/сут;

Значение $БПК_{полн}$ в сточных водах, поступающих на биологическую очистку =220 мг/л;

Концентрация TKN в сточных водах, поступающих на биологическую очистку =4,0 мг/л;

Концентрация P в сточных водах, поступающих на биологическую очистку =1,0 мг/л;

Продукты, используемые в качестве дополнительных источников азота и фосфора:

безводный аммиак (NH_3) с содержанием в товарном продукте 80% по весу;

фосфорная кислота (H_3PO_4) = 50% H_3PO_4 раствора по весу (удельный вес 1,335).

7

Примеры нарушения работы сооружений биологической очистки и мероприятия по их устранению

Превышение концентрации аммонийного азота ($N\text{-}NH_4$), общего азота по Кьельдалю (TKN) и общего азота (TN) над проектными значениями	Увеличение концентрации азота аммонийного, азота нитритов и азота нитратов в очищенной воде	Провести технологические и технические мероприятия по повышению окислительной мощности сооружений, в том числе - максимально увеличить дозу активного ила в аэротенках с учетом возможностей вторичных отстойников, увеличить расход воздуха для обеспечения требуемого количества кислорода с учетом текущей концентрации азота в поступающих на биологическую очистку сточных водах
Отношение общего азота по Кьельдалю (TKN) к значению $БПК_{полн}$ менее 0,05	Снижение скорости роста гетеротрофных микроорганизмов *и, как следствие:* увеличение значения $БПК_5$ ($БПК_{полн}$, ХПК) и азота нитратов в очищенной воде	Обеспечить дозирование дополнительного источника азота в сточную воду, поступающую на биологическую очистку (или в поток возвратного активного ила, или прямо в аэротенки)
Отношение концентрации общего фосфора ($P_{общ}$) к значению $БПК_{полн}$ менее 0,01	Снижение скорости роста автотрофных (нитрифицирующих) и гетеротрофных микроорганизмов *и, как следствие:* увеличение концентрации аммонийного азота, азота нитритов, азота нитратов и значений $БПК_5$ ($БПК_{полн}$, ХПК) в очищенной воде	Обеспечить дозирование дополнительного источника фосфора в сточную воду, поступающую на биологическую очистку (или в поток возвратного активного ила, или прямо в аэротенки)
Температура поступающей сточной воды выше максимального проектного значения (но не более 38°С)	Снижение растворимости кислорода в иловой смеси *и, как следствие:* необеспеченность необходимого количества кислорода для реализации биологических процессов проектной эффективности, увеличение концентрации аммонийного азота, азота нитритов, значений $БПК_5$ ($БПК_{полн}$, ХПК) в очищенной воде	Увеличить подачу воздуха в аэротенки до расчетного значения с учетом текущей температуры сточной воды
Щелочность менее проектного значения	Ограничение нитрификационной возможности процесса *и, как следствие:* превышение аммонийного азота и азота нитритов в очищенной воде	Обеспечить дозирование щелочи (как правило $NaOH$) в сточную воду, поступающую на биологическую очистку (или в поток возвратного активного ила, или непосредственно в аэротенки)
pH поступающей сточной воды не соответствует требуемому диапазону реализации биохимических процессов	Срыв процессов нитрификации, денитрификации, аэробного окисления органических соединений *и, как следствие:* увеличение концентрации аммонийного азота, азота нитритов, азота нитратов, значений $БПК_5$ ($БПК_{полн}$, ХПК) в очищенной воде	Установить систему регулирования pH с мониторингом значений pH поступающей сточной воды и дозированием щелочи и кислоты
Превышение предела ингибирования (по концентрациям) специфическими органическими соединениями, содержащимися в поступающих на биологическую очистку сточных водах	Срыв процессов нитрификации, денитрификации, аэробного окисления органических соединений *и, как следствие:* увеличение концентрации аммонийного азота, азота нитритов, азота нитратов, значений $БПК_5$ ($БПК_{полн}$, ХПК) в очищенной воде	Выявить источники сброса специфических ингибирующих органических соединений и обеспечить прекращение сброса, на период сброса – увеличить на 30-50% расход подаваемого воздуха
Превышение предела ингибирования (по концентрациям) металлов, содержащихся в поступающих на биологическую очистку сточных водах	Срыв процессов нитрификации, денитрификации, аэробного окисления органических соединений *и, как следствие:* увеличение концентрации аммонийного азота, азота нитритов, азота нитратов, значений $БПК_5$ ($БПК_{полн}$, ХПК) в очищенной воде	Выявить источники сброса специфических ингибирующих органических соединений и обеспечить прекращение сброса

АВТ профессиональные решения
Архитектура Водных Технологий

Нештатные и аварийные ситуации. Примеры возможных проблем и пути их решения

Нештатная ситуация	Последствия	Действия по устранению нештатной ситуации
Разовые превышения нагрузки по $БПК_5$ ($БПК_{полн}$, ХПК) над проектными значениями более, чем на 15%	Увеличение прироста активного ила, возможность недостаточности необходимого количества кислорода на реализацию биохимических процессов	Снизить до минимально возможного уровень осадка в первичных отстойниках, обеспечить равномерное распределение гидравлической нагрузки по всем аэротенкам, увеличить дозу активного ила, обеспечив контроль качества очищенной воды на выходе из вторичных отстойников по взвешенным веществам до 3-х раз в сутки. При превышении концентрации взвешенных веществ над проектными значениями, необходимо увеличить расход избыточного активного ила. Расход избыточного активного ила, при этом, не должен превышать расчетное значение (формулы 4.7, 4.8), которое обеспечивает проектный возраст активного ила. Увеличить расход воздуха на аэротенки для обеспечения регламентного значения концентрации растворенного кислорода в контрольных точках
Превышение расхода избыточного активного ила над расчетным значением, обеспечивающим проектное значение возраста активного ила	Значение возраста активного ила ниже проектного значения для текущей температуры	Рассчитать требуемое значение расхода избыточного активного ила, обеспечивающее проектное значение возраста активного ила исходя из текущей ситуации (формулы 4.7, 4.8)
Неравномерное распределение сточной воды по аэротенкам	Дозы активного ила в аэротенках могут существенно разниться. В аэротенках с низкими дозами активного ила наблюдается недостаточная эффективность процессов, в первую очередь, нитрификации, что приводит к существенным превышениям концентраций качественных характеристик очищенной воды в данных аэротенках. Как следствие, качественные характеристики общего потока очищенной воды превышают требуемые значения	Отрегулировать равномерность подачи сточной воды во все аэротенки
Превышение расхода возвратного активного ила над проектным значением	Доза активного ила в потоке возвратного ила снижается	Обеспечить проектное значение расхода возвратного активного ила
Нарушение работы аэрационной системы аэротенков.	Единичные вырывы или разрывы мембран аэраторов (при количестве вырванных или разорванных мембран не более 5% от общего числа аэраторов в аэротенке)	Проведение визуального мониторинга вырывов и/или разрывов мембран аэраторов - еженедельно. При количестве вырванных или разорванных мембран более 5%, ситуация переходит в разряд «аварийной», что требует вывода аэротенка из работы, опорожнения и замены аэраторов

7

Мероприятия по повышению энергетической эффективности канализационных очистных сооружений

Сопоставление целей и задач производственных подразделений для обеспечения эффективной эксплуатации очистных сооружений

Таблица 5.11

Цели энергетических служб	Цели технологических служб
Оптимизация энергопотребления: - снижение потерь электроэнергии; - повышение энергоэффективности оборудования при условии безусловного соблюдения требуемых параметров обеспечения технологического процесса	- снижение количества загрязняющих веществ в очищенных водах до уровня действующих нормативов; - повышение стабильности процессов очистки; - обеспечение технологической «подушки безопасности» для нештатных и аварийных ситуаций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р —

Канализационные очистные сооружения

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ.
ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ
Требования к разработке, структуре и содержанию в целях обеспечения оптимальных капитальных затрат и эксплуатационных показателей

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

ОТР – инструмент проектирования
ГОСТ

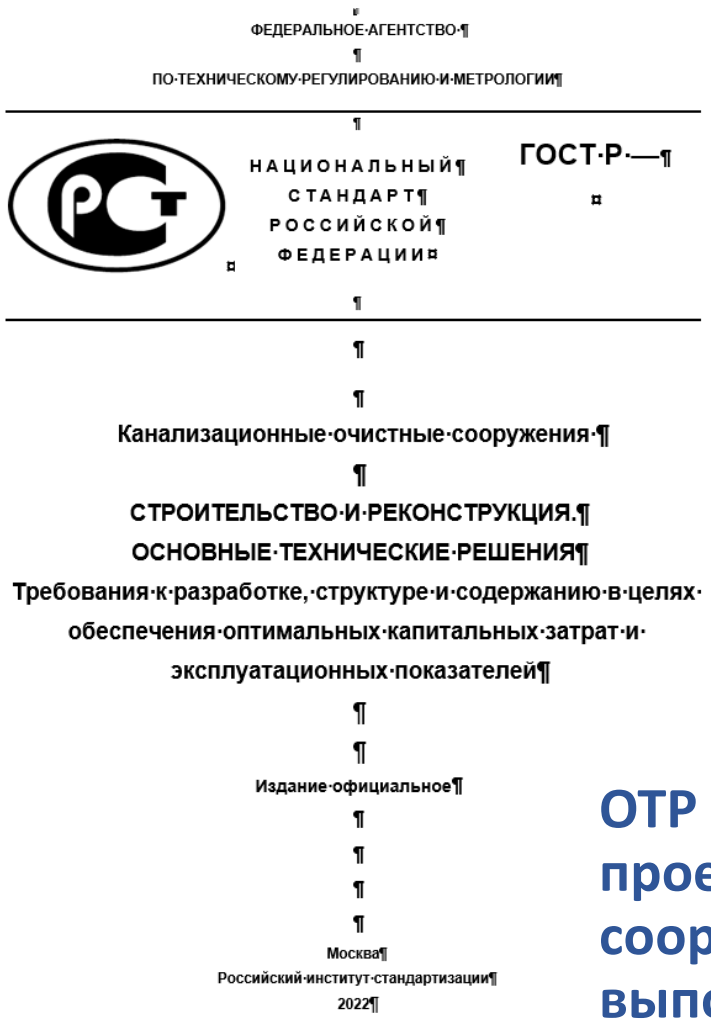
!!! Основные технические решения по строительству или реконструкции канализационных очистных сооружений - укрупненное описание основных технологических и технических решений по оптимальному варианту либо по альтернативным вариантам строительства или реконструкции КОС, произведенное на основе обработки и анализа исходных данных по объекту, технической и экономической проработки и оценки вариантов, технологических расчетов в объеме, необходимом для обоснованного выбора решений для реализации в рамках выполнения проекта.

ОТР – инструмент проектирования

Цель проведения ОТР:

разработка, для дальнейшей реализации, оптимальных Проектных решений, стабильно обеспечивающих заданное качество очищенной воды.

Оптимальное решение *—*
решение, которое минимизирует или максимизирует (в зависимости от характера задачи) критерий качества оптимизационной модели (критерий оптимальности) при заданных условиях и ограничениях, представленных в этой модели [экономико-математический словарь, academic.ru].



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р —

Канализационные очистные сооружения

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ.
ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Требования к разработке, структуре и содержанию в целях обеспечения оптимальных капитальных затрат и эксплуатационных показателей

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

ОТР – это двухстадийное проектирование

ОТР может разрабатываться как в составе объема работ на проектирование, строительства или реконструкции очистных сооружений, так и по отдельному на выполнение ОТР (до начала выполнения Проекта).

ОТР – инструмент проектирования

Требования:

1. Грамотно выполненный анализ входных данных сточных вод и корректно принятые параметры, которые закладываются в расчеты сооружений;
2. Грамотно составленные сценарии (варианты) реализации технологических решений, которые должны будут рассчитываться в ходе выполнения ОТР (сценарии должны быть не для количества вариантов в соответствии с ТЗ, а для определения истинно оптимального решения, которое и будет заложено в Проект, как правило, сами варианты и их количество корректируется в ходе выполнения ОТР и изначально прописать в ТЗ варианты нельзя, это не правильно!);
3. Выбор на основании правильно выполненных расчетов оптимального Проектного решения, которое должно быть проговорено и согласовано с Заказчиком.
4. Правильно выполненный детальный расчет оптимального варианта для дальнейшего его включение в Проект
5. Корректный выбор оборудования, которое стабильно обеспечивает реализацию проектных решений
6. Определение укрупненных экономических показателей выбранного варианта (вариантов) реконструкции / строительства
7. Основные технические решения

Обезопасить Проект и обеспечить его работоспособность:

1. Определить вместе с Заказчиком его основные требования, реальные условия реализации проекта и перспективы развития канализации населенного пункта;
2. Провести профессиональный математический анализ существующих качественных и количественных параметров поступающих сточных вод, определить перспективные характеристики поступающих сточных, обсудить и согласовать с Заказчиком входные данные поступающих сточных вод, которые будут закладываться в Проект (в расчеты);
3. Рассматриваемые варианты (схемы, технические и конструктивные решения) должны быть детально проработаны, не формально, а именно для разработки наилучшего решения для конкретных очистных сооружений;
4. Работа над ОТР должна предусматривать этапность, этапы/варианты должны обсуждаться с Заказчиком.
5. Нельзя работать над ОТР в отрыве от Заказчика и предлагать Заказчику уже готовый «том» отчета без каких-либо предварительных обсуждений.
6. ОТР – это, прежде всего, расчетные решения, где одна из основных ролей принадлежит технологу, который и несет основную ответственность за результат

Обезопасить Проект и обеспечить его работоспособность возможно только при условии работы профессионалов

ОТР это :

1. **Не** «выкопировки» из книг, статей и презентаций, которые носят общий характер, который не имеет никакого отношения к рассматриваемым очистным сооружениям;
2. **Не** каталог оборудования;
3. **Не** «выкопировки» и «нарезки» из других ОТР, которые не имеют никакого отношения к данной работе;
4. **Не** некие общие таблицы с объемами сооружений, расходами реагентов, потреблением электроэнергии и т.д. без предварительного обоснования выданных в ОТР результатов расчета.

Обезопасить Проект и обеспечить его работоспособность возможно только при условии работы профессионалов

ОТР это :

1. Детальный математический анализ и расчет качественных и количественных показателей поступающих сточных вод, которые принимаются в расчеты;
2. Выбор, на основании предварительных расчетов, вариантов схем очистных сооружений;
3. Расчет сооружений и основного оборудования по каждому варианту;
4. Анализ, на основании выполненных расчетов, рассматриваемых вариантов (при необходимости разрабатываются и рассчитываются дополнительные варианты) и выбор оптимального (основного варианта), который будет заложен в проект;
5. Подбор оборудования и детальные расчеты, в том числе экономические, принятого варианта

Потенциал –

помощник технолога: цифровая альтернатива

Потенциал

программный продукт для управления технологическими процессами канализационных очистных сооружений

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

- ✓ **Анализ текущих данных с использованием математического аппарата статистики и теории вероятностей;**
- ✓ **Пересчет конкретных очистных сооружений под текущие входные данные и параметры эксплуатации – расчет максимальной теоретической способности к очистке данных очистных сооружений (предела технологической эффективности) при помощи собственной математической модели OxiD-SM®**
- ✓ **Сравнение с фактическим качеством очистки, выявление уязвимых мест и возможностей изменений условий эксплуатации для достижения предела технологической эффективности очистных сооружений;**
- ✓ **Выдача рекомендаций по корректировке режима эксплуатации очистных сооружений**

Потенциал позволяет:

- ✓ эксплуатировать сооружения в оптимальном режиме - достижение максимальной эффективности при минимальных эксплуатационных затратах;
- ✓ оперативно выявить причину недостижения требуемого качества очистки и оперативно давать рекомендации по решению проблемы;
- ✓ эксплуатировать очистные сооружения на максимальной эффективности их работы при нештатных и аварийных ситуациях
- ✓ сократить платежи за недостижение качества очищенных вод
- ✓ рассчитывать качество очищенной воды при минимальных (вводимых в расчет технологом) эксплуатационных затратах и определять наиболее значимые эксплуатационные составляющие, которые можно уменьшить

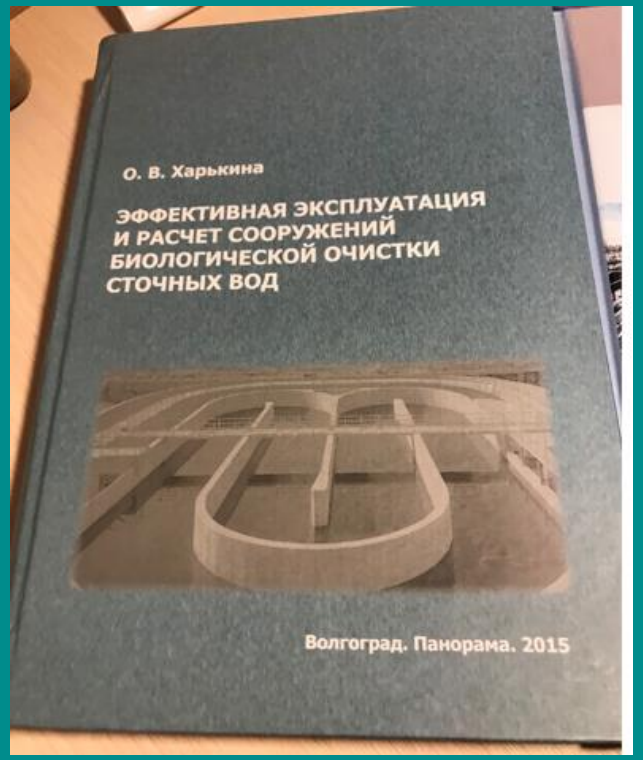
ВЫВОДЫ:

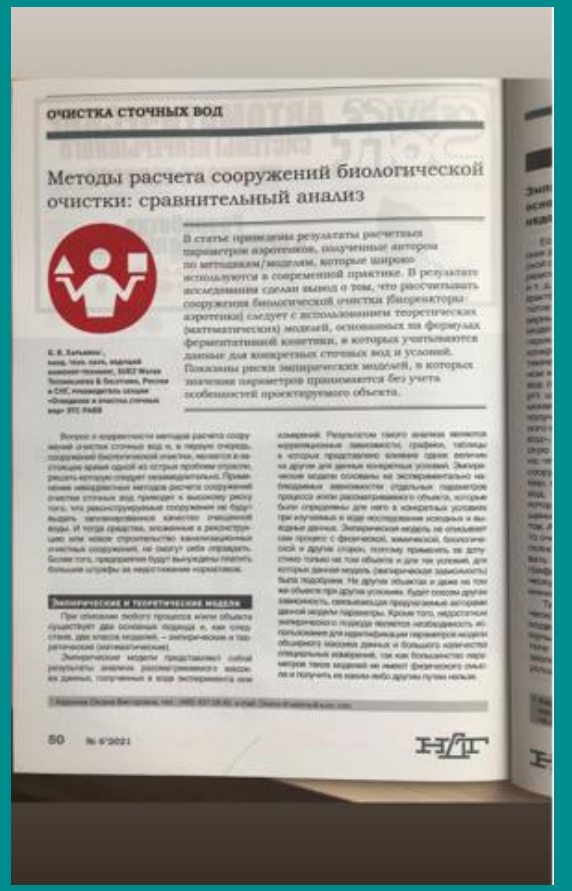
1. Для обеспечения стабильного качества очищенной воды входные данные качественного и количественного состава сточных вод должны быть корректно математически обработаны и записаны в Техническом задании в виде соответствующего диапазона.
2. Стабильное обеспечение заданного качества очищенной воды в проектном диапазоне входных параметров сточных вод основывается на правильно выполненном расчете очистных сооружений.
3. Биологическая очистка сточных вод основывается на биохимических процессах, которые описываются математически формулами ферментативной кинетики, на основании чего, расчет аэротенков следует проводить по теоретическим моделям, основанных на формулах ферментативной кинетики. Применение эмпирических моделей несет в себе риски неполучения корректных результатов.
4. Необходимо в контрактах записывать юридическую и финансовую ответственность проектной организации/реализатора проекта за достижение заданного качества очищенной воды при проектном диапазоне входных параметров, как результат Эксплуатационного Теста.
5. Технологический регламент эксплуатации должен представлять собой документ, который описывает конкретные очистные сооружения и выдает эксплуатационные решения.
6. Следует проводить технологическое обучение сотрудников службы эксплуатации для работы на конкретном объекте с возможностью внешней консалтинговой поддержки.
7. Программный Продукт «Потенциал» (помощник технолога – цифровая альтернатива) позволяет технологу оперативно получать рекомендации для текущей ситуации с целью оптимального режима эксплуатации в различных ситуациях

Литература

[1] – Харькина О.В. Эффективная эксплуатация сооружений биологической очистки, Волгоград, Панорама, 2015, 432 стр

[2] - Харькина О.В. Методы расчета сооружений биологической очистки: сравнительный анализ, журнал НДТ, №6, 2021


О. В. Харькина
ЭФФЕКТИВНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РАСЧЕТ СООРУЖЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
Волгоград. Панорама. 2015



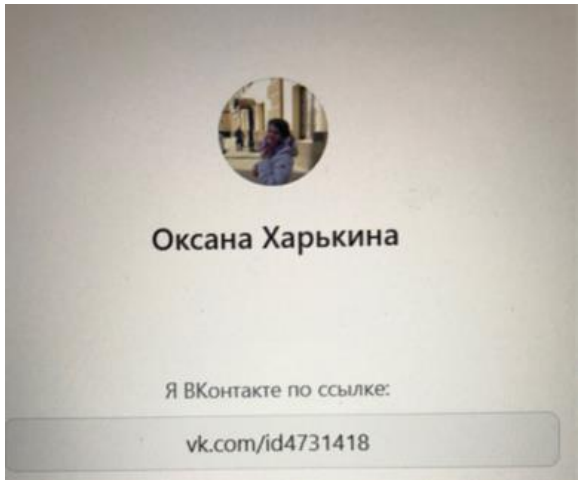
СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Единственный путь достижения требуемого качества очищенной воды – профессиональные решения при проектировании и эксплуатации канализационных очистных сооружений

Литература

[1] – Харькина О.В. Эффективная эксплуатация сооружений биологической очистки, Волгоград, Панорама, 2015

Харькина Оксана Викторовна, к.т.н.,
Кризис-технолог по очистке сточных вод,
Руководитель секции «Отведение и очистка сточных вод» ЭТС РАВВ
okh@watertec.ru



Архитектура Водных Технологий